



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 197 47 607 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 21 D 26/02**  
B 21 D 28/28

21 Aktenzeichen: 197 47 607.4  
22 Anmeldetag: 28. 10. 97  
43 Offenlegungstag: 6. 5. 99

DE 197 47 607 A 1

71 Anmelder:  
Forschungsgesellschaft Umformtechnik mbH,  
70174 Stuttgart, DE  
78 Vertreter:  
Rumrich, G., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 09116  
Chemnitz

72 Erfinder:  
Schwager, Aribert, Prof. Dr.-Ing.(habil), 71679  
Asperg, DE; Siegert, Klaus, Prof. Dr.-Ing., 71063  
Sindelfingen, DE; Rieger, Ralf, Dipl.-Ing., 70734  
Fellbach, DE

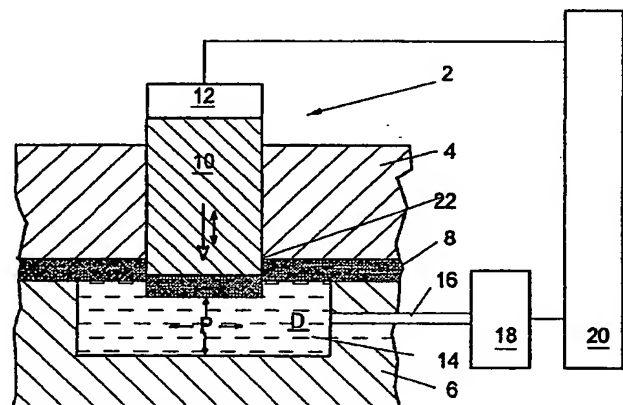
56 Entgegenhaltungen:  
DE 1 95 06 067 C1  
DE 43 22 063 C1  
DE 44 41 192 A1  
DE 40 35 625 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes, wobei dessen eine Seite einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium und dessen andere Seite der Einwirkung eines in einem Werkzeug (2) geführten Stempels (10) ausgesetzt wird und dieser die Wand (8) entgegen dem Hochdruck aufschneidet oder eine am Werkzeug (2) ausgebildete umlaufende Schneidkante (22) freigibt, an der die Wand (8) unter dem Einfluß des Hochdrucks geschnitten wird oder beides nacheinander ausführt. Das Schneiden der Wand (8) mittels eines Schneidstempels entgegen dem Hochdruck und/oder das Freigeben der umlaufenden Schneidkante (22) des Werkzeuges (2) durch den Stempel (10) und/oder das Aufbringen des an der Wand (8) anliegenden Hochdrucks erfolgt dabei erfindungsgemäß schrittweise im Rhythmus einer Schwingung. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.



DE 197 47 607 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes, wobei das Werkstück als ein nach dem Innenhochdruckumformverfahren hergestellter Hohlkörper oder als blechförmiges Teil ausgebildet sein kann. Eine Seite der Wandung des Werkstückes wird einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium und die andere Seite der Einwirkung eines in einem Werkzeug geführten Stempels ausgesetzt, wobei der Stempel die Wandung entgegen des Hochdruckes des Druckmediums schneidet oder eine am Werkzeug ausgebildete umlaufende Schneidkante freigibt, an der sich die Wand unter dem Einfluß eines Hochdrucks geschnitten wird. Es findet eine Quelle zum Bereitstellen eines mit Hochdruck beaufschlagbaren Druckmediums und eine Druckzuführung zum Zuführen des Druckmediums in den Hochdruckraum Anwendung.

Beim Innenhochdruck-Umformverfahren und dem ebenso bekannten hydromechanischen Tiefziehen werden Bauteilwandungen unter Einwirkung eines unter hohem Druck stehenden Druckmediums an die Kontur eines Werkzeuges gedrückt. Um die so erzeugten Bauteile anschließend im gleichen Werkzeug mit Durchbrüchen versehen zu können, sind mehrere Verfahren und Vorrichtungen bekannt.

So wird gem. DE 40 35 625 A1 ein Verfahren zum Herstellen eines Durchbruches in der Wandung eines als Hohlkörper ausgebildeten Werkstückes und ein Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens beschrieben, wobei das Werkzeug im Bereich des gewünschten Durchbruchs mit einem sich scharfkantig von der Bauteilwandung wegweisendem Hohlraum versehen ist, um die Wandung in Richtung dieses Hohlraums derart unter Druck setzen zu können, daß sie sich an der scharfen Kante schneidet. Bei einem weiteren bekannten Verfahren nach DE 43 22 063 C1 wird ein im Innenhochdruck-Umformwerkzeug geführter Stempel zunächst zum Zwecke des Vorschneidens gegen die unter maximalem Innendruck stehende Wand und anschließend zum Zwecke des vollständigen Ausschneidens gegen die unter verringertem Druck stehende Wand geführt. Der abgeschnittene Rest gelangt dabei in den Druckraum, aus dem er durch den erzielten Durchbruch wieder herausgedrückt werden muß. Um dies zu vermeiden, wird gem. DE 195 06 067 C1, mit einem Stempel in der Wandung zunächst eine Sollbruchstelle erzeugt und dann durch den Stempel am Werkzeug eine umlaufende Schneidkante frei gegeben, an der sich die Wandung unter dem Einfluß des sich steigenden Innenhochdrucks endgültig auftrennt.

Unabhängig davon, ob das Ausschneiden des Durchbruchs von innen nach außen und/oder von außen nach innen erfolgt, ist allen Verfahren gemeinsam, daß sie eine große Schneidkraft, d. h., hohen Medien- und/oder hohen Stempeldruck erfordern.

Weiterhin weisen die erzeugten Schnittkanten eine große Kantenformabweichung und eine große Grathöhe auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes zu schaffen, die bei geringerem Medien- und/oder Stempeldruck eine geringere Kantenformabweichung, eine kleinere Grathöhe und eine bessere Schnittfläche gewährleistet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des ersten und neunten Patentanspruchs und die weiteren Merkmale in deren Unteransprüchen gelöst.

Dabei kann das Werkstück als ein nach dem Innenhochdruckumformverfahren hergestellter Hohlkörper oder als ein blechförmiges Teil ausgebildet sein. Eine Seite der Wandung des Werkstückes wird einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium und dessen andere Seite der Einwirkung eines in einem Werkzeug geführten Stempels ausgesetzt.

Dabei schneidet der Stempel entweder die Wandung des Werkstückes entgegen der Wirkung des Druckmediums oder der Stempel gibt eine am Werkzeug ausgebildete umlaufende Schneidkante, an der sich die Wandung des Werkstückes unter dem Einfluß zunehmenden Druckes des Druckmediums (D) geschnitten, frei oder es wird beides nacheinander ausführt. Erfindungsgemäß wird die Bewegung des Stempels in Form der Vorschubbewegung beim Schneiden der Wandung des Werkstückes und/oder in Form der Rückhubbewegung beim Freigeben der umlaufenden Schneidkante des Werkzeuges von einer Schwingung überlagert und/oder das Aufbringen des an der Wandung anliegenden Hochdrucks durch das Druckmedium (D) erfolgt im Rhythmus einer Schwingung. Dabei kann das Lochen des Werkstückes durch den Stempel bei nichtschwingendem oder schwingendem zu- oder abnehmendem Hochdruck des Druckmediums erfolgen. Weiterhin ist es möglich, daß zuerst unter einer Vorschubbewegung des Stempels das Anschneiden der Wandung des Werkstückes bis auf eine Restwanddicke erfolgt und anschließend unter einer Rückhubbewegung des Stempels die umlaufende Schneidkante durch den Stempel freigegeben wird, so daß der Ausschnitt durch den Hochdruck des Druckmediums bei gleichzeitiger Schwingungsüberlagerung der Stempelbewegung des Stempels und/oder des Druckes des Druckmediums aus der Wandung des Werkstückes ausgeschnitten wird. Dabei kann das Anschneiden der Wandung des Werkstückes bis auf eine Restwanddicke und die Rückhubbewegung des Stempels die zur Freigabe der umlaufenden Schneidkante durch den Stempel auch wechselweise im Rhythmus einer Schwingung erfolgen.

Die Frequenz der Schwingung von Stempel und/oder Druckmedium liegt vorzugsweise in der Größenordnung von 5 bis 50 Hz. Es ist jedoch auch möglich eine im Ultraschallbereich zu verwenden.

Die Schwingungsamplituden und/oder die Frequenzen der Schwingungen von Stempel und Druckmedium können gleich oder unterschiedlich sein.

Bei der Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes befindet sich auf einer Seite der Wandung des Werkstückes der Stempel und auf der anderen Seite der Wandung ein Hochdruckraum. Weiterhin ist eine Quelle zum Bereitstellen eines mit Hochdruck beaufschlagbaren Druckmediums und einer Druckzuführung zum Zuführen des Druckmediums in den Hochdruckraum vorgesehen. Erfindungsgemäß sind der Druckzylinder zur Erzeugung des Stempelvorschubes und des Stempelrückhubes und/oder der Druckzylinder zur Erzeugung des Hochdruckes des Druckmediums mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingung des Stempels bzw. mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingungen im Druckmedium gekoppelt. Weiterhin ist vorteilhafter Weise eine Steuereinrichtung vorgesehen, mit der die Stempelbewegung und die Schwingung des Stempels und/oder der Hochdruck des Druckmediums und dessen Schwingungsüberlagerung steuerbar sind.

Durch die Schwingungsüberlagerung der Stempelbewegung und/oder des Druckes des Druckmediums erfolgt das Schneiden in der Art eines pulsierenden Trennens der Wandung des Werkstückes im Rhythmus der jeweiligen Schwingungen. Dadurch wird die Schnittflächenqualität wesentlich verbessert. Auch die Kantenformabweichung und der Grat werden reduziert. Die kleinere Schneidkraft ermöglicht auch, den Gegenhalterdruck zu verringern.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: Vorrichtung mit schwingend schneidendem Stem-

pel,

Fig. 2: Vorrichtung mit schwingend freigebendem Stempel,

Fig. 3: Weg-Zeit-Diagramm eines schwingend schneidenden Stempels.

Die Vorrichtung weist ein Werkzeug 2 auf, zwischen dessen Werkzeugoberteil 4 und Werkzeugunterteil 6 das Werkstück 8 druckmitteldicht eingespannt ist. Im Werkzeugoberteil 4 wird ein Stempel 10 geführt, der durch einen Antrieb 12 in Richtung der Wandung des Werkstückes 8 (Vorschubbewegung) und von dieser weg (Rückhubbewegung) bewegbar ist. Das Werkzeugunterteil 6 besitzt einen Druckraum 14, der über eine Druckzuführung 16 mit einer Hochdruckquelle 18 in Verbindung steht. Der Antrieb 12 und die Hochdruckquelle 18 sind mit einer Steuereinrichtung 20 verbunden, die es ermöglicht, die Stempelbewegung und/oder den Druck des Druckmediums D im Rhythmus einer Schwingung zu steuern.

Obwohl sich diese schematische Darstellung auf den Aufbau einer Vorrichtung in der Art zum hydromechanischen Tiefziehen bezieht, trifft der Grundaufbau und das Verfahren auch auf Vorrichtungen zum Innenhochdruck-Umformen zu. Das Werkstück 8 ist dann nicht ein zwischen zwei Werkzeughälften 4 und 6 eingespanntes Blech, sondern ein zwischen zwei Werkzeughälften eingelegter und anschließend mit Innenhochdruck beaufschlagter Hohlkörper.

Entsprechend des ersten Ausführungsbeispiels (Fig. 1) erteilt die Steuereinrichtung 20 dem Stempel 10 über den Antrieb 12 einen mit einer Schwingung überlagerten konstanten Vorschub in Richtung der Wandung des Werkstückes 8. Indem der Stempel 10 je Schwingungsperiode immer ein größeres Stück in die Wand 8 eindringt, als er sich daraus zurückzieht, gelangt er schrittweise vorwärts, bis er sie entgegen einem von der Steuereinrichtung 20 über die Druckquelle 18 und den Kanal 16 aufrechterhaltenen konstanten Innenhochdruck vollständig durchdrungen hat und der Ausschnitt hergestellt ist. In Abhängigkeit vom Werkstückwerkstoff und der gewünschten Geometrie des Ausschnittes kann es vorteilhaft sein, den konstanten Hochdruck durch einen schwingend oder nichtschwingend zu- oder abnehmenden Hochdruck zu ersetzen.

Entsprechend eines weiteren Ausführungsbeispiels (Fig. 2) ist es vorgesehen, den Stempel 10 durch Umkehr des konstanten Vorschubs schwingend von der Wandung des Werkstückes 8 wegzubewegen. Dabei kann der Druck des Druckmediums D im Druckraum 14 konstant sein oder auch schwingend oder nichtschwingend, beispielsweise linear erhöht werden. Da der Stempel 10 je Schwingungsperiode immer ein größeres Stück einer am Werkzeugteil 4 umlaufenden Schneidkante 22 freigibt als er sie wieder verdeckt, trennt sich die Wandung 8 unter dem höher werdenden Druck im Druckraum 14 schrittweise an der am Werkzeug 2 umlaufenden Schneidkante 22 auf.

Gemäß einem abschließenden Ausführungsbeispiel wird nur der Hochdruck des Druckmediums D im Rhythmus einer Schwingung gesteigert, während der Stempel 10 mit konstantem Vorschub von der Wand 8 wegbewegt wird, so daß diese an der am Werkzeug 2 umlaufenden Schneidkante 22 im Rhythmus der Hochdruckschwingung geschnitten wird.

In Fig. 3 ist das Weg-Zeit-Diagramm eines die Wand 8 schwingend schneidenden Stempels 10 gezeigt. Unter dem Einfluß der Steuereinrichtung 20 ist dem durch den Antrieb 12 realisierten Vorschub eine Schwingung mit einer Frequenz von 17 Hz überlagert worden. Die Amplitude der resultierenden Vorschubschwingung weist z. B. einen positiven Anteil von 0,06 mm/s und einen negativen Anteil von 0,04 mm/s auf. Auf dieser Basis durchdringt der Stempel 10

bei geringer Schneidkraft in die Wand eines Werkstückes und hinterläßt dabei eine Lochung von hoher Qualität.

Ein vergleichbares Ergebnis läßt sich mit einer von einem Ultraschallgeber bereitgestellten Ultraschallschwingung erzielen, deren Frequenz vorzugsweise 20 kHz beträgt.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zum Lochen eines Werkstückes, wobei das Werkstück (8) als ein nach dem Innenhochdruckumformverfahren hergestellter Hohlkörper oder als ein hydrogeformtes blechförmiges Teil ausgebildet sein kann, und die eine Seite der Wandung des Werkstückes (8) einem unter Hochdruck stehenden Druckmedium (D) und dessen andere Seite der Einwirkung eines in einem Werkzeug (2) geführten Stempels (10) ausgesetzt wird und der Stempel (10) entweder die Wandung des Werkstückes (8) entgegen der Wirkung des Druckmediums (D) schneidet oder eine am Werkzeug (2) ausgebildete umlaufende Schneidkante (22), an der sich die Wandung des Werkstückes (8) unter dem Einfluß zunehmenden Druckes des Druckmediums (D) geschnitten wird, freigibt oder beides nacheinander ausführt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bewegung des Stempels (10) in Form der Vorschubbewegung beim Aufschneiden der Wandung des Werkstückes (8) und/oder in Form der Rückhubbewegung beim Freigeben der umlaufenden Schneidkante (22) des Werkzeuges (2) von einer Schwingung überlagert wird und/oder das Aufbringen des an der Wandung (8) anliegenden Hochdrucks durch das Druckmedium (D) im Rhythmus einer Schwingung erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Lochen des Werkstückes (8) durch den Stempel (10) bei nichtschwingendem oder schwingendem zu- oder abnehmendem Hochdruck des Druckmediums (D) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst unter einer Vorschubbewegung des Stempels (10) das Anschneiden der Wandung des Werkstückes (8) bis auf eine Restwanddicke erfolgt und anschließend unter einer Rückhubbewegung des Stempels (10) die umlaufende Schneidkante (22) durch den Stempel (10) freigegeben wird, so daß der Ausschnitt (1) durch den Hochdruck des Druckmediums (D) bei gleichzeitiger Schwingungsüberlagerung der Stempelbewegung des Stempels (10) und/oder des Druckes des Druckmediums (D) aus der Wandung des Werkstückes (8) ausgeschnitten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche von 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Anschneiden der Wandung des Werkstückes (8) bis auf eine Restwanddicke und die Rückhubbewegung des Stempels (10) die zur Freigabe der umlaufenden Schneidkante (22) durch den Stempel (10) wechselweise im Rhythmus einer Schwingung erfolgen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche von 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Schwingung von Stempel (10) und/oder Druckmedium (D) in der Größenordnung von 5 bis 50 Hz liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Schwingung von Stempel (10) und/oder Druckmedium (D) im Ultraschallbereich liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche von 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsamplituden und/oder die Frequenzen der Schwingungen von Stempel (10) und Druckmedium (D) gleich oder unter-

schiedlich sind.

8. Vorrichtung zum Lochen eines Werkstückes, mit einem Hochdruck-Umformwerkzeug (2), wobei auf einer Seite der Wandung des Werkstückes (8) der Stempel (10) angeordnet ist und sich auf der anderen Seite der Wandung des Werkstückes (8) ein Hochdruckraum (14) befindet sowie mit einer Quelle (18) zum Bereitstellen eines mit Hochdruck beaufschlagbaren Druckmediums (D) und einer Druckzuführung (16) zum Zuführen des Druckmediums (D) in den Hochdruckraum, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckzylinder (12) zur Erzeugung des Stempelvorschubes und des Stempelrückhubes mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingung des Stempels (10) und/oder daß der Druckzylinder zur Erzeugung des Hochdruckes des Druckmediums mit einer Einrichtung zur Erzeugung der Schwingungen im Druckmedium gekoppelt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinrichtung (20) vorgesehen ist, mit der Stempelbewegung und die Schwingung des Stempels (10) und/oder der Hochdruck des Druckmediums (D) und dessen Schwingungsüberlagerung steuerbar sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

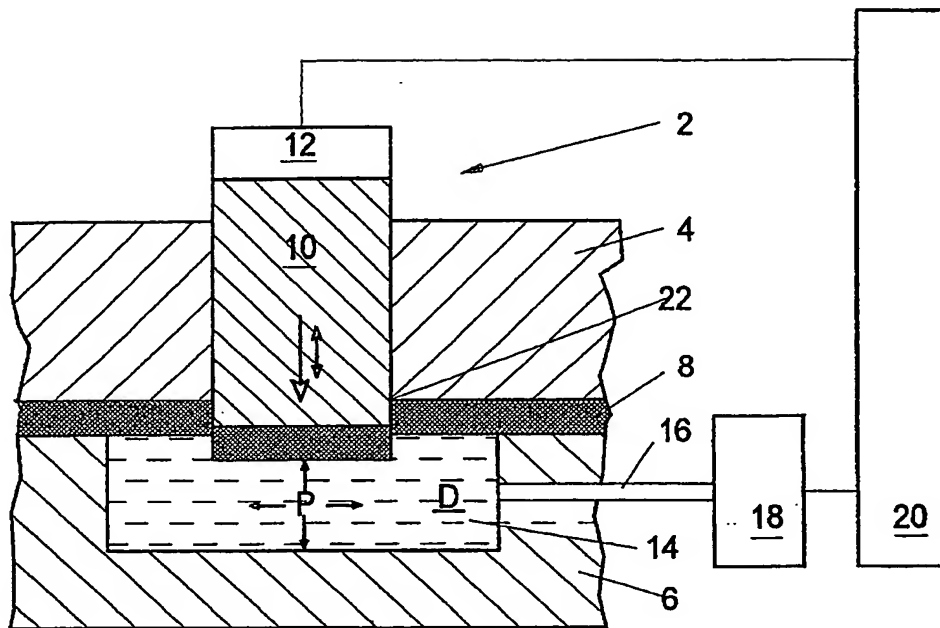


Fig. 1

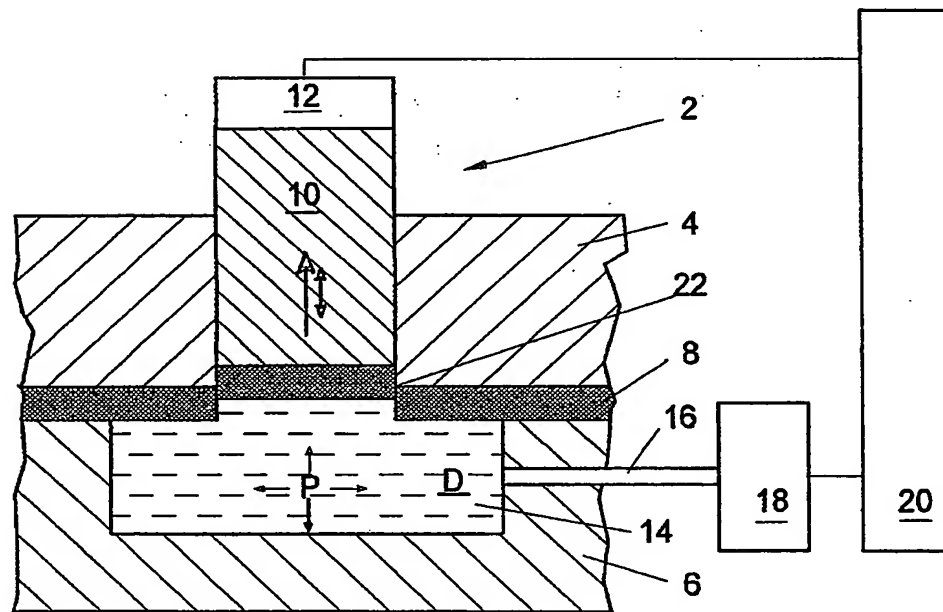


Fig. 2